

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология
Кафедра биотехнологии и органической химии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование сорбции радиоактивных ионов из водных сред с помощью композитных биосорбентов

УДК 606:66.081:661.87

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д21	Буянкина Алина Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. БИОХ	Чубик М. В.	д.м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Кандидат экономических наук	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Немцова Ольга Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. БИОХ	Краснокутская Е.А.	д.х.н., профессор		

Томск – 2016 г.

*Планируемые результаты обучения
по ООП 19.03.01 «Биотехнология» (бакалавр)
профиль «Биотехнология»*

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность самостоятельно совершенствовать и развивать свой интеллектуальный, общекультурный и профессиональный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности
P2	Готовность к кооперации с коллегами для выполнения научно-исследовательских и научно-производственных работ, в том числе интернациональных; способность проявлять инициативу, личную ответственность; быть коммуникабельным
P3	Демонстрировать понимание вопросов устойчивого развития современной цивилизации, безопасности и здравоохранения, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияние инженерных решений на социальный контекст и социальную среду
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P4	Способность к овладению базовыми знаниями в области базовых естественных и технических наук, применение их в различных видах профессиональной деятельности
P5	Понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, быть готовым к использованию в профессиональной деятельности информационных и коммуникативных технологий
P6	Быть способным к планированию, проведению теоретических и экспериментальных исследований, обработке полученных результатов и представлению их в форме, адекватной задаче

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология
Кафедра биотехнологии и органической химии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой БИОХ
_____ Краснокутская Е.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Д21	Буянкиной Алине Сергеевне

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
3084/с от 21.04.16	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Объектом исследования является композитные биосорбенты на основе трех видов плесневых грибов и наночастиц железа, способные сорбировать ионы урана из водных сред. Производство композитного сорбента выгодно, т.к. его получение не требует больших затрат. Сорбент не наносит вреда экологии и человеку.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Перечень разделов, разработанных в данной работе:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор 2. Объекты и методы исследования 3. Результаты исследования 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>2 рисунка, 12 таблиц</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	

Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	<i>Верховская Марина Витальевна, к.э.н.</i>
<i>Социальная ответственность</i>	<i>Немцова Ольга Александровна, ассистент кафедры ЭБЖ</i>
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры БИОХ	Чубик Марианна Валериановна	К.м.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д21	Буянкина Алина Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 46 с., 2 рис., 12 табл., 52 источника.

Ключевые слова: биосорбция, наночастицы, плесневые грибы, биосорбент, десорбция, радионуклиды, сточные воды, промышленные воды, уранил-ионы.

Объектом исследования является композитный сорбент на основе плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц Fe_3O_4 , способный сорбировать радионуклиды из водных сред.

Цель работы – исследование особенностей сорбции радиоактивных ионов из водных сред с помощью композитных биосорбентов, а также способности сорбента к десорбции и повторному использованию.

В процессе исследования проводилось измерение концентрации урана после сорбции тремя видами композитных биосорбентов, в результате чего был определен самый эффективный биосорбент и оптимальное время сорбции. Также была изучена способность этого сорбента к десорбции, подобраны условия для наиболее эффективной десорбции.

Область применения: биотехнология, охрана окружающей среды.

Исследуемый нами сорбент более конкурентно способен по сравнению с другими технологиями извлечения урана из водных сред. Он более удобен в эксплуатации, не наносит вреда окружающей среде, так как после работы легко извлекается из открытых водоемов. Также, наш композитный сорбент не требует специального оборудования. Предлагаемый композитный сорбент можно регенерировать, и после чего использовать многократно.

Список сокращений

АЭС – атомная электростанция

ГОСТ – государственный стандарт

ГН – государственный норматив

ЛВЖ - легко воспламеняющиеся жидкости

ПДК – предельно-допустимая концентрация

СанПиН – санитарные правила и нормы

СНиП – строительные нормы и правила

СО - социальная ответственность

ССБТ – система стандартов безопасности труда

ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент

УЗ – диспергация – ультразвуковая диспергация

ЧС - чрезвычайная ситуация

ЭЧ – экономическая часть

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	13
1. Литературный обзор	15
1.1. Современные исследования в области сорбции радиоактивных металлов.	15
1.2. Механизм сорбции хитином	18
1.3. Наночастицы оксида железа	19
1.4. Плесневые грибы	21
1.4.1. <i>Aspergillus niger</i>	21
1.4.2. <i>Penicillium piniphilium</i>	23
1.4.3. <i>Mucor</i>	24
2. Объекты и методы исследования	27
2.1. Плесневые грибы <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium piniphilium</i> , <i>Mucor</i>	27
2.1.1. Методика приготовления питательной среды Сабуро	27
2.2. Нанопорошок Fe_3O_4	28
2.2.1. УЗ – диспергация нанопорошка	29
2.2.2. Осаждение нанопорошка на мицелии плесневых грибов	29
2.3. Уранил азотнокислый $UO_2(NO_3)_2$	30
2.3.1. Сорбция урана	30
2.3.2. Определение концентрации урана в исследуемом водном растворе методом люминесцентного анализа	30

3. Результаты исследования	32
3.1 Сорбционные характеристики материалов	32
3.2 Анализ сорбции урана при начальной концентрации уранил-ионов 1,1 мг/л.	33
3.3 Анализ сорбции урана при начальной концентрации уранил-ионов 1,9 мг/л.	34
3.4. Десорбция композитного биосорбента	40
4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	43
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	43
4.2 Анализ конкурентных технических решений	44
4.3 Технология QuaD	46
4.4 SWOT-анализ	48
4.5 Структура работ в рамках научного исследования	52
4.6 Определение трудоемкости выполнения работ	53
4.7 Разработка графика проведения научного исследования	54
5. Социальная ответственность	59
5.1 Производственная безопасность	59
5.1.1 Анализ вредных факторов, которые может создать объект исследования, обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)	59
5.1.2 Анализ опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований, и меры безопасности.	64
5.1.2.1 Электробезопасность	65

5.1.2.2 Пожарная безопасность	65
5.2 Экологическая безопасность	67
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	68
5.3.1Пожарная и взрывная безопасность	68
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	70
5.4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.	70
Заключение	73
Список использованных источников	75
Список публикаций	79

Введение

Во всем мире в связи с бурным развитием промышленности проблемы охраны окружающей среды становятся все более и более актуальными. В частности, в России современное развитие ядерно-энергетического комплекса основывается на использовании ядерного топливного цикла – добыча руды, изготовление из нее концентрата, получение диоксида урана, его обогащение и изготовление элемента, выделяющего тепло[1]. Это приводит к загрязнению воды опасными промышленными стоками, которые содержат ионы тяжелых и радиоактивных металлов.

Эксплуатация атомных электростанций (АЭС) также является причиной образования большого количества радиоактивных отходов, которые являются продуктами производства электроэнергии. Уранил-ионы являются одними из распространенных отходов атомной промышленности. Поэтому одной из основных проблем рассматривается переработка жидких радиоактивных отходов. Уран в любом виде представляет опасность для человеческого здоровья, причем химическая токсичность урана представляет куда большую опасность, чем его радиоактивность. Предельно допустимая концентрация (ПДК) для растворимых соединений урана 0,1 мг/л, уран относится к первому классу опасности [2]. На производстве образуются искусственные водоемы с повышенной концентрацией уранил-ионов. Радиоактивные ионы, из этих искусственных водоемов, могут попадать в грунтовые воды и загрязнять водохранилища, откуда питьевая вода подводится населению[3].

Еще одной причиной загрязнения природных вод искусственными радиоактивными элементами являются сточные воды предприятий атомной промышленности, медицинских, научно-исследовательских и других учреждений, использующих в своей работе радиоактивные изотопы. Ненадежная изоляция радиоактивных отходов при их захоронении также может привести к заражению подземных и поверхностных вод. Решить эту

проблему можно с помощью разработки экономически выгодного и эффективного метода очистки загрязненных водоемов от ионов вредных металлов[1].

О биосорбции радиоактивных ионов известно уже давно[4,5]. По сравнению с актиномицетами, водорослями и бактериями наилучшие результаты сорбции показали плесневые грибы. Поэтому в качестве компонента композитного сорбента были выбраны плесневые грибы *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастицы Fe_3O_4 , которые также обладают способностью сорбировать радиоактивные металлы.

Цель работы – исследование особенностей сорбции радиоактивных ионов из водных сред с помощью композитных биосорбентов, а также способности сорбента к десорбции и повторному использованию.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие **задачи**:

1. Исследование сорбционной активности композитного биосорбента на основе плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц Fe_3O_4 ;
2. Оценка оптимального времени экспозиции композитного сорбента на модельных растворах урана азотнокислого;
3. Изучение способности композитного биосорбента к десорбции

Объектом исследования является композитный сорбент на основе мицелия плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц Fe_3O_4 .

Научная новизна – впервые проведено исследование сорбции и десорбции из растворов уранила азотнокислого композитным сорбентом на основе мицелия плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц Fe_3O_4 .

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Современные исследования в области сорбции радиоактивных металлов.

Выбор нужного метода и материала для очистки производственных и сточных вод является весьма сложной задачей, которая должна учитывать ряд факторов, такие как простота эксплуатации, стандарты качества и эффективность, а также стоимость и экологическая безопасность [4].

Агентство по защите окружающей среды США (United States Environment Protection Agency - EPA) определило в качестве лучших технологий по очистке водных сред от урана следующие технологии: обратный осмос, ионный обмен, коагуляция и фильтрация. Но до сих пор адсорбция считается наиболее легким и экономически выгодным методом, поэтому сейчас ведется множество исследований по разработке высокоэффективных сорбентов [5].

На способность к сорбции ионов урана $U(VI)$ из водных сред были протестированы наночастицы титана. Было определено, что эти частицы имеют внутренний и внешний диаметр 4,5 и 9 нм. соответственно. Ученные обнаружили, что высокая сорбционная способность по отношению к $U(VI)$ объясняется присутствием функциональных групп $-ONa$, расположенных на внутренней поверхности наночастиц. Ключевой механизм сорбции заключается в ионном обмене между ионами Na^+ и катионами урана. Химическая формула наночастиц титана до сорбции — $Na_{0.92}H_{1.08}Ti_3O_7 \times 1.18H_2O$ превращается в $(UO_2)_{0.58}(OH)_{0.70}Na_{0.16}H_{1.38}Ti_3O_7 \times 1.18H_2O$ после сорбции $U(VI)$ [6].

Наночастицы титана также хорошо удаляют различные и широко распространенные тяжелые металлы, такие как свинец (Pb), кадмий (Cd), медь (Cu), ртуть (Hg), хром (Cr), таллий (Tl) и мышьяк (As), а также есть сведения об адсорбции радиоактивных металлов стронций ($Sr(II)$),

барий(Ba(II))ицезий (Cs(I)). Ионный обмен между целевыми металлами и заменяемыми ионами Na^+/H^+ также считается основным механизмом сорбции[7].

Несмотря на высокие показатели сорбции, наночастицы титана не выгодны в экономическом плане, т.к. являются весьма дорогостоящими. Также, мы предполагаем, что трудности возникают при извлечении наночастиц из раствора. Ученные стараются найти простой, эффективный, экономически выгодный и экологически безопасный метод удаления ионов радиоактивных и тяжелых металлов из водных сред.

Биосорбция удовлетворяет все вышеперечисленные критерии, ее смело можно использовать в качестве потенциальной альтернативы для очистки водных сред от промышленных отходов. Существует множество натуральных адсорбентов, например морские водоросли, бактерии, грибы, и т. д. Клеточные стенки биомассы состоят в основном из белков, полисахаридов, липидов, полифосфатов и некоторых неорганических ионов. Хитин также является составной частью клеточных стенок [8].

Механизм биосорбции тяжелых и радиоактивных металлов является сложным процессом. Поверхность биоматериала состоит из различных функциональных групп, таких как, амидная ($-\text{NH}_2$), гидроксидная ($-\text{OH}$), карбоксильная ($-\text{COO}^-$), тиольная ($-\text{SH}$), фосфатная (PO_4^{3-}), и т.д., которые отвечают за связывание органических или неорганических ионов. Чаще всего, функциональные группы, участвующие в процессе связывания, находятся в клеточных стенках. Биосорбция основана на физико-химических взаимодействиях, таких как электростатическое притяжение, ионный обмен, хелатирование ионов металлов и комплексообразование между загрязняющими соединениями и функциональными группами, присутствующими на клеточной поверхности [9].

Ученные из разных стран [6, 7, 8] доказали способность некоторых бактерий сорбировать различные вещества. Во первых, бактерии являются самыми многочисленными и распространенными микроорганизмами. Во

вторых, они весьма неприхотливы и устойчивы к экстремальным условиям. Например, бактерии рода *Bacillus mucilaginosus*, которых также называют бактериями силикатов, являются самыми распространенными почвенными бактериями. Этот вид сорбирует силикаты, апатиты, фосфориты, а также тяжелые и радиоактивные металлы. Была исследована сорбция катионов шестивалентного урана при различной pH, температуре и времени экспозиции. В результате определили оптимальный показатель pH – 5,0, и оптимальное время экспозиции – 1 час. При изменении температуры от 25 до 55 °C изменение степени сорбции не наблюдалось. Максимальная степень сорбции составила 90 % при начальной концентрации уранил-ионов 5 мг/л. При сорбции был использован сухой порошок бактерий *Bacillus mucilaginosus* массой 1г [10].

Этот метод сорбции имеет существенный недостаток. Несмотря на хорошие показатели степени сорбции, малое время сорбции и независимость от температуры, сам сорбент весьма не выгоден в экономическом плане из-за того, что порошок этих бактерий трудно изготовить в больших количествах. Кроме того, после сорбции этот порошок трудно извлечь из раствора.

Ученные из университета Глазго также проводили исследования в этой области. Только в качестве биосорбента они использовали различные сельскохозяйственные отходы – шелуха от риса, черешки хлопка, скорлупа орехов, жмых сахарного тростника отруби пшеницы и риса. Они показали, что из вышеперечисленных продуктов лучшей сорбционной активностью по отношению к урану обладает шелуха риса [11].

Также ученые доказали, что потенциалом для биосорбции радиоактивных ионов обладают кожура цитрусовых фруктов (в частности апельсиновые корки [12, 13], кора деревьев [14], отходы от чая [15], древесные опилки сосны [16], пшеницу [17], солома и косточки оливок [18].

В биосорбции основным веществом, сорбирующим радиоактивные и тяжелые металлы, является хитин. Из всех вышеперечисленных

биосорбентов, по нашему мнению, наиболее выгодным являются плесневые грибы.

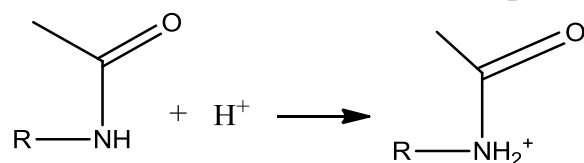
1.2. Механизм сорбции хитином

Именно высокая концентрация хитина в стенках плесневых грибов объясняет их способность сорбировать ионы металлов. Материалы из природных биополимеров на основе хитина и хитозана, имеют в своей структуре несколько функциональных групп, характеризующихся высокой сорбционной способностью [19].

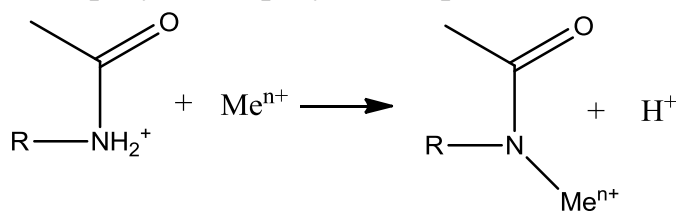
Основной механизм сорбции у хитина - это образование хелатов, поэтому он способен связывать практически все тяжелые и радиоактивные металлы. При этом хитин индифферентен к легким металлам, таким элементам, как кальций, калий, натрий, магний и др[10].

Хитин является слабым основанием, это вызвано наличием у него аминогрупп. Величина pK_a для хитина находится в области 6-7. Согласно указанных свойств процесс сорбции ионов металлов из водных сред хитином может быть следующей[19]:

- 1) Хитин в водных растворах существует в протонированной форме, возникающей в соответствии с равновесием:



- 2) При взаимодействии хитина с ионами металлов хелатный комплекс образуется в результате реакции:



Главные преимущества грибного хитина:

1. По сравнению с другими организмами, которые продуцируют хитин, грибы имеют самую высокую скорость роста, а также грибы являются весьма неприхотливыми организмами.
2. Производство хитина с помощью грибов безопасно в экологическом отношении.
3. Грибную биомассу возможно выращивать в промышленных масштабах.
4. По сравнению с другими биосорбентами у грибов содержание хитина намного выше [3].

1.3. Наноматериалы

В статье, написанной томскими учеными [20] представлены результаты исследований сорбционных характеристик ионов наноразмерного материала. Для сорбции радиоактивных уранил-ионов из водной среды использованы нанотрубки диоксида титана со слоистой структурой.

В ходе изучения особенностей сорбции ионов урана UO_2^{2+} из водных растворов нанотрубками оксида титана (TiO_2) было обнаружено, что в зависимости от исследуемого модельного раствора, условий, времени контакта твердой и жидкой фаз и массы навески сорбента, показатели степени сорбции нанотрубок TiO_2 при комнатной температуре изменяется от 36,8 до 92,3 %. Механизм поглощения и фиксации радионуклидов сорбентами нанотрубок TiO_2 связан с наличием поверхностных ОН-групп и со структурными характеристиками нанотрубок. Выявлены деформация и изменение морфологических свойств материала после сорбции, что, вероятно, и приводит к поглощению радионуклидов.

Исходя из уменьшения сорбционной активности нанотрубок TiO_2 при сорбции UO_2^{2+} из раствора многокомпонентного состава, можно сделать предположение о низкой селективности сорбента к урану. Перспективным

является дальнейшее исследование сорбционных свойств нанотрубок TiO_2 в отношении других компонентов технологических растворов [4].

В последние годы широко изучен синтез и применение наночастиц оксида железа с новыми свойствами и функциями в силу их биосовместимости, размера, высокой удельной поверхности и суперпарамагнетизма [21]. Кроме того, наночастицы оксида железа обладают низкой токсичностью, химической инертностью и биосовместимостью, поэтому они имеют большой потенциал при совмещении этого материала с биотехнологией [22].

В водоподготовке широко используется процедура адсорбции в комбинации с магнитной сепарацией. Наночастицы оксида железа перспективны в промышленном масштабе очистки сточных вод, в связи с их высокой способностью к адсорбции тяжелых и радиоактивных металлов, низкой стоимостью, легкостью разделения и стабильностью. Способность наночастиц оксида железа в удалении загрязнений была продемонстрирована на лабораторных и полевых испытаниях. Магнитные наночастицы оксида железа способны очищать большие объемы производственных вод, а также они очень удобны для магнитной сепарации. Также лабораторные исследования показали, что наночастицы оксида железа могут эффективно удалять ряд тяжелых металлов, в том числе ионов свинца (Pb^{2+}), ртути (Hg^{2+}), кадмия (Cd^{2+}), меди (Cu^{2+}) [23].

Агрегация и многочисленные взаимодействия, происходящие в сточных водах, также влияют на адсорбцию металлов, ограничивая эффективность наносорбентов, поэтому в некоторых случаях для повышения эффективности наночастиц требуется их модификация. Модификация поверхности, которая может быть достигнута присоединением органических или неорганических молекул, стабилизирует наночастицы, препятствует их окислению, а также предусматривает такие функции, как селективность при поглощении ионов. Механизмы адсорбции различных загрязнений из промышленных и сточных вод модифицированными наночастицами оксида

железа происходит на поверхностных участках связывания и включает в себя магнитно - селективную адсорбцию и электростатическое взаимодействие[24].

1.4. Плесневые грибы

Плесневые грибы являются одним из распространенных в природе организмов. Грибы – обширная группа гетеротрофных бесхлорофилльных организмов, насчитывающая, по разным данным, от 100 до 120 тысяч видов.

Всем грибам свойственно вегетативное размножение, а репродуктивное размножение у них осуществляется специальными клетками – спорами. По способу углеродного питания грибы относят к гетеротрофным организмам, т. е. они могут усваивать только органические (восстановленные) соединения углерода, при окислении которых образуется необходимая для жизни энергия [25].

Клеточные стенки плесневых грибов состоят в основном из полисахаридов, белков, липидов, полифосфатов и неорганических ионов. Жесткость клеточным стенкам этих организмов придает хитин. Как и в целлюлозе, хитин состоит из одинаковых молекул сахара – гексозы, но, в отличие от клетчатки, в его составе есть аминный азот [26]. Структура хитина представлена на рисунке 1.1.

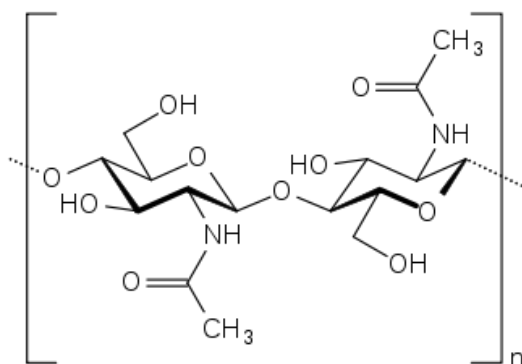


Рисунок 1.1. – Структура хитина

Полисахарид хитин свойствен не растительному, а животному миру: он участвует в образовании экзоскелета членистоногих и других беспозвоночных [27].

Аморфным компонентом клеточной стенки служат пектиновые вещества. Иногда клеточные стенки грибов окрашены пигментами красного, зеленого и черного цвета, придающего характерную окраску вегетативному телу.

По содержанию других азотистых соединений – белков – грибы также находятся ближе к животным, чем к растениям. Количество белка в грибных клетках – около 20% от сухой массы. Основным конечным продуктом обмена белков у плесневых грибов является мочевины. Грибы, подобно животным накапливают в своих клетках полисахарид гликоген [28].

1.4.1. *Aspergillus niger*

Aspergillus niger (A. niger) –высшие грибы рода *Aspergillus* относятся к царству Грибов (*Fungi*), отделу *Ascomycota*. Это широко распространенный сапрофит[29].

Вегетативное тело аспергиллов представляет собой ветвистый мицелий. Иногда развивается и обильный воздушный мицелий. Благодаря особым выростам мицелия грибов (конидиеносцам) возможно бесполое размножение плесневых грибов A. niger, так как на них развиваются споры.

Чёрная плесень на стенах сырого помещения - это, главным образом, A. niger в фазе плодоношения. Естественное местообитание этих плесневых грибов — верхний слой почвы, чаще всего в южных широтах. Но чаще всего их можно увидеть на разнообразных продуктах питания, в основном растительного происхождения, где их колонии образуют плесневый налет черного цвета. Колонии A. niger появляются на хлебобулочных изделиях, которые хранились при высокой влажности [27].

Аспергиллы - аэробные микроорганизмы, хорошо растущие на разнообразных субстратах. Они образуют пушистые плоские колонии, вначале белого цвета, которые затем принимают черную окраску. Эта окраска связана с метаболитами грибов и образованием спор.

Для этих грибов характерен стелющийся поверхностный рост, но при хорошей аэрации и соблюдении стерильности они могут размножаться в твердых и жидких средах.

При поверхностном росте образуются конидиеносцы — органы плодоношения. Они представляют собой утолщенные, сильно зернистые, неветвящиеся гифы длиной до 2 мм [30].

Зрелые конидии весьма легко отделяются от мицелия струей воды или воздухом. Попадая в жидкую питательную среду, они сначала набухают, потом прорастают и образуют одновременно один или два проростка – гифы. Когда гифа удлиняется, она образует боковые отростки, которые тоже удлиняются, переплетаются друг с другом, ветвятся, образуя колонии, которые видно невооруженным глазом [28].

Такой способ размножения гриба называется бесполом. *A. Niger* размножаются и половым путем — при помощи асков, которые образуются в плодовых телах. Грибы могут размножаться и вегетативным путем - частицы,отделившиеся от гиф,самостоятельно растут и образуют новый грибной мицелий[28, 30].

1.4.2. *Penicillium piniphilium*

Penicillium piniphilium- очень распространенный сапрофит; он образует зеленую, голубую, и даже иногда желтую плесень на самых разнообразных субстратах. Бесполое размножение гриба происходит при помощи конидий. Конидии представляют собой споры, которые образуются на концах особых гиф, называющихся конидиеносцами. Конидии не заключены в спорангии, они оголены и могут свободно рассеиваться по мере их созревания. Мицелий

пеницилла образует круглые колонии небольшого размера, споры придают колониям специфическую окраску, поэтому молодые внешние края колоний обычно белые, а центральная, более зрелая часть мицелия, окрашена, т. к. в ней образуются споры [29].

Пенициллы занимают одно из первых мест по распространенности среди гифомицетов. Естественный их резервуар — почва, но, в отличие от аспергиллов, они больше приурочены к почвам северной широты.

Как и *A. niger*, они часто обнаруживаются в виде плесневого налета, состоящего главным образом из конидиеносцев с конидиями. Растут грибы на самых различных субстратах, особенно растительного происхождения.

Представителей рода пенициллов обнаружили одновременно с аспергиллами благодаря их широкому распространению, весьма сходной экологии и морфологическому сходству[27].

Мицелий пеницилла почти не отличается от мицелия аспергилла. Главное отличие между этими двумя родственными видами заключается в строении их конидиальных аппаратов. У Пеницилла он сложнее и в верхней части представляет собой кисточку различной степени сложности [28].

Некоторые виды этих грибов имеют техническое значение. Так, *Penicillium notatum* используется для получения антибиотика - пенициллина. Различные виды *Aspergillus* и *Penicillium* используют для приготовления ферментных препаратов (нигрин, аваморин) [31].

1.4.3. *Mucor*

Mucor относится к семейству Мукоровых, класс фикомицетов подкласс Зигомицетов. У этой плесени одноклеточный сильно разветвленный мицелий, бесполое размножение осуществляется при помощи спорангиоспор, а половое – зигоспорами[29].

Многие Мукоровые грибы способны вызывать спиртовое брожение, и, развиваясь в сахаристых жидкостях, образуют при недостатке воздуха

дрожжеподобные клетки, размножающиеся почкованием, вследствие чего их называют Мукоровыми дрожжами [32].

Для жизнедеятельности Мукора необходима влага, органические вещества и тепло. Поэтому этот гриб чаще всего распространяется в теплых, сырых и темных местах. При рассмотрении Мукора под микроскопом или через лупу видно прозрачные ветвистые нити, не имеющие перегородок. Одна нить – это сильно вытянутая клетка.

Грибные нити переплетаются друг с другом, и формируют сплетения – грибницу. Вертикально от нее возвышаются нити, на концах имеющие черные головки, заполненные мельчайшими частицами овальной формы – спорами. Эта спора является отдельной живой клеткой, где под оболочкой заключается протоплазма и ядро. Когда споры созревают, они высыпаются из разорвавшихся черных головок и уносятся на большие расстояния ветром или водой. При попадании на благодатную питательную среду, спора прорастает и дает начало новой грибнице[33].

Мукор развивается, на органических остатках, в основном растительного происхождения, в почве, на продуктах питания. Это ведет к плесневению при неправильном хранении плодов, корнеплодов, кормов. Сначала невооруженным глазом видно пушистый белый налет, который темнеет через некоторое время. Это происходит из-за формирования множества круглых спорангиев, содержащих споры для бесполого размножения. При культивировании Мукорана плотной питательной среде образуются колонии круглой формы. Гифы гриба сильно ветвятся и нечленистые. Спорангии находятся на длинных, растущих вертикально вверх гифах (спорангиеносцах). Спорангии можно четко увидеть под микроскопом даже при небольшом увеличении[27].

Мицелий гриба является одной большой многоядерной разветвленной клеткой и не разделен перегородками. Внутреннее строение гифов в остальном типично для эукариот. Гифы гриба, которые имеют немного изогнутую форму, называются столонами. Пучки укороченных гифов

обрамляют края столонов, что похоже на корневые системы. Нити мицелия Мукора прозрачные и тонкие, поэтому сначала, до образования спорангий, плесень похожа на белый пушок. После созревания спор оболочка спорангия, которая состоит из каллозы, лопается при высокой влажности, что приводит к рассыпанию нескольких тысяч неподвижных многоядерных спорангиоспор. Поэтому их можно увидеть только с помощью микроскопа, так как они очень маленьких размеров. Спорангиоспоры, которые появляются после деления ядер, являются предшественниками новых поколений грибов [32].

У Мукора существует и половой способ размножения. При этом две нити одного (у гомоталличного вида) или разных (у гетероталличного вида) мицелиев соединяясь, образуют диплоидную зиготу, из которой прорастает короткая ростковая гифа с зародышевым спорангием, которая дает начало новой грибнице [33].

В жизни человека и природе значение гриба рода Мукор очень велико. Некоторые виды гриба обладают высокой ферментативной (в основном, амилалитической и протеолитической) активностью, в связи с чем, их часто используют в качестве закваски (например, «китайские дрожжи») с целью получения таких сброженных продуктов питания, как «соевый сыр», спирт из клубней картофеля и т.д. *Mucor omphalia* является продуцентом нового антибактериального препарата – рамицина. Отдельные виды этого гриба могут спровоцировать возникновение различных болезней (муромикозов) у человека и у сельскохозяйственных животных [31, 34].

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование направлено на изучение сорбционных свойств композитного сорбента для очистки промышленных сточных вод от радионуклидов. В качестве носителей наночастиц Fe_3O_4 использовались плесневые грибы *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor*, так как они широко распространены в природе и обладают устойчивостью к воздействию факторов внешней среды. Выбор составляющих компонентов сорбента основан на многочисленных исследованиях поглощения урана и ионов тяжелых металлов различными микроорганизмами и наноматериалами [4, 5, 6, 8].

2.1. Плесневые грибы *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor*

Aspergillus niger размножается на среде мальт-пептонный агар или на картофельно-глюкозном агаре. Растет при температуре 24°C.

Aspergillus niger, штамм F894 относится к организмам, непатогенным для человека.

Penicillium piniphilium размножается на среде мальт-пептонный агар или на картофельно-глюкозном агаре. Растет при температуре 24°C. Штамм отличается слабой споруляцией. *Penicillium piniphilium*, штамм ВКПМ F896 относится к микроорганизмам, непатогенным для человека.

Mucor выделен из природных источников. По культуральным, морфологическим, тинкториальным свойствам соответствует описанному в справочной литературе [35].

2.1.1. Методика приготовления питательной среды Сабуро

Навеску 20 г сухого порошка (табл. 1) растворяют в 1 л дистиллированной воды, кипятят в течение 1-2 минут до полного растворения веществ, фильтруют через ватно-марлевый фильтр, разливают в

стерильные флаконы и стерилизуют в автоклаве при 121°C в течение 15 минут.

Таблица 1.1 - Состав питательной среды Сабуро

Компонент среды	Содержание, г/л
Пептон	10,0
Глюкоза	40,0

2.1.2. Культивирование микроорганизмов

Посев микроорганизма в среду Сабуро (pH 7,5-8) объемом 100 мл производили микробиологической петлей при соблюдении условий стерильности. Культивирование микроорганизмов проводилось в круглодонных колбах вместимостью 250 мл при температуре 37°C в термостате до появления на поверхности среды белой пленки грибов. Затем колбы помещали на шейкер и инкубировали при постоянном перемешивании с подогревом (350 об/мин, 37°C) в течение 5 суток. По истечении этого времени наблюдали выросший мицелий гриба, сверху покрытого твердой белой пленкой со спорами. Полученный мицелий плесневых грибов очищали от пленки и спор, а затем промывали дистиллированной водой.

2.2. Нанопорошок Fe_3O_4

В работе были использованы готовые нанопорошки оксида железа, полученные ООО «Передовые порошковые технологии» (г. Томск). Данный нанопорошок медленно растворяется в щелочах и кислотах.

Таблица 2.1 - Характеристикананопорошка Fe_3O_4 .

Наимено- вание вещества	Хими- ческая формула	Внешний вид	Химический состав, % масс.	Среднеарифм етический размер частиц, нм	Удельная поверх- ность, m^2/g
Наночастицы оксида железа, магнетит	Fe_3O_4	Порошок коричневого цвета, частицы сферические	Fe_3O_4 - не менее 99, адсорбированные газы (CH_4 , CO_2 , O_2 , N_2) – около 1	80-110	30

2.2.1. УЗ - диспергациянанопорошка

Навеску нанопорошка оксида железа (Fe_3O_4) массой 0,01 г поместили в колбу вместимостью 100 мл, затем прилили сверху 40 мл дистиллированной воды. Полученные водные суспензии продиспергировали ультразвуковой лабораторной установкой ИЛ 100-6/2 (частота 5000 Гц) в течение 30 секунд. Далее, полученную суспензию использовали для получения композитных сорбентов.

2.2.2.Осаждение нанопорошка на мицелии плесневых грибов

В каждую колбу с суспензией нанопорошка помещали по 5 г. (влажного веса) промытого мицелия, закрывали колбы ватно-марлевыми пробками и перемешивали на шейкере (350 об/мин, $37^\circ C$) в течение 1 дня. Композитные сорбенты представляли собой мицелий плесневых грибов, на который были осаждены нанопорошкиоксида железа.

2.3. Уранил азотнокислый $UO_2(NO_3)_2$

Уранил азотнокислый - желто-зеленый аморфный, очень гигроскопичный порошок, легко растворимый в воде. В работе использовался реактив марки «ХЧ», дополнительной очистке не подвергался.

Модельные растворы готовили путем растворения соли уранила азотнокислого $UO_2(NO_3)_2$ в дистиллированной воде. Объем исследуемого раствора составлял 50 мл, а масса навески сорбента 1 г. (влажного веса). Время контакта сорбента с раствором составляло от 1 до 48 часов.

2.3.1. Сорбция урана

Исследования процесса сорбции ионов урана проводили при комнатной температуре в статических условиях. Уран сорбировали композитным биосорбентом из серии модельных растворов уранила азотнокислого с определенной исходной концентрацией уранил-иона: 1,96 и 1,1 мг/л. Время экспозиции составило от 1 до 48 часов.

2.3.2 Десорбция композитного биосорбента гидрокарбонатом натрия.

Десорбцию композитного биосорбента раствором гидрокарбоната натрия проводили после тщательной промывки плесневого гриба бидистиллированной водой. Затем гриб помещали в пробирку с 10 мл и 15 мл раствора десорбата, приготовленного путем добавления 0,45 г гидрокарбоната натрия в 150 мл бидистиллированной воды. Измерение концентрации ионов урана в растворе проводили на следующие сутки [36].

2.3.3. Повторная сорбция урана

Исследования процесса сорбции ионов урана при повторном использовании композитного биосорбента *Aspergillus niger* + Fe_3O_4 проводили при комнатной температуре в статических условиях. Уран сорбировали композитным биосорбентом из модельного раствора уранила

азотнокислого с исходной концентрацией уранил-иона 1,1 мг/л. Время экспозиции составило 2 часа.

2.3.4.Определение концентрации урана в исследуемом водном растворе методом люминесцентного анализа

Измерение массовой концентрации урана в растворах выполнены люминесцентным методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-ПАНОРАМА, путем измерения интенсивности замедленной флуоресценции уранил-ионов ($\lambda = 530$ нм) при ее возбуждении ультрафиолетовым излучением. Для усиления люминесценции в раствор вводят полисиликат натрия (рН 8 - 10). Диапазон измеряемых концентраций в пробе воды 0,002 - 2,0 мг/дм³.

Метод измерений массовой концентрации урана основан на явлении замедленной флуоресценции уранил-ионов при их возбуждении ультрафиолетовым излучением в присутствии полисиликата натрия. К 0,5 мл пробы воды после сорбции сорбентом добавляли 0,5 мл полисиликата натрия и 5 мл дистиллированной воды. Массовая концентрация урана в растворе вычисляется автоматически при помощи градуировочной характеристики, заложенной в память анализатора. Остаточное содержание уранил-ионов в воде после сорбции определяли 10-кратным измерением одной пробы на спектрофлюориметре «Флюорат-02-2М», после чего определяли среднее арифметическое значение.

В экспериментах использовали 3 вида плесневых грибов (*Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor*) массой 1 г. Объем модельного раствора уранила азотнокислого – 50 мл.

Забор проб для измерения концентрации ионов урана проводилось после 1, 2, 4, 8, 24, 48 часов экспозиции.

Опыт с исходной концентрацией ионов урана 1,1 мг/л проводили 3 раза. Вычисляли среднее значение показателей концентрации ионов урана в растворе. Результат представлен в табл. 2.1.

Опыт с исходной концентрацией ионов урана 1,96 мг/л проводили однократно. Результат представлен в табл. 2.3.

4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

С ухудшением экологической ситуации, вызванной развитием ядерно-энергетического комплекса, связывают поиски способов улучшения экологии. Одним из факторов загрязнения окружающей среды, являются промышленные стоки, содержащие ионы радиоактивных металлов. Нами была предпринята попытка разработать один из высокоэффективных сорбентов, который способен поглощать ионы радиоактивных элементов.

Для анализа потребителей был рассмотрен целевой рынок производителей обогащенного урана и проведено его сегментирование. Сегментирование рынка потребителей данной работы проведено на основе двух факторов: стран с развитой атомной промышленностью и областей применения разработки. Фирма А использует композитный сорбент, а фирма В использует иные способы очистки воды от радиоактивных отходов.

		Страны производители			
		Россия	Казахстан	Китай	Австралия
Размер компании	Медицинская химия				
	АЭС				
	Производство обогащенного урана				



Фирма А



Фирма В

Рисунок 3.1.1 - Карта сегментирования рынка по странам, в которых отходами производства являются жидкие радиоактивные отходы.

Так как, разработанный нами композитный биосорбент предназначен для сорбции ионов радиоактивных металлов из водных сред, то основными

потребителями сорбента являются заводы, деятельность которых приводит к выбросу жидких радиоактивных отходов. Таким образом, основные сегменты рынка составляют предприятия медицинской химии, АЭС и заводы по обогащению урана.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Для внесения коррективов в научное исследование чтобы лучшего противостоять конкурентам, необходимо выявить и проанализировать сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.2.1 -Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Экологичность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Удобство в эксплуатации	0,05	5	2	3	0,25	0,1	0,15
3. Безопасность	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
4. Надежность	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
5. Эффективность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
6.Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
7. Энергоэкономичность	0,01	5	3	4	0,05	0,03	0,04

Продолжение таблицы 4.2.1

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
8. Простота эксплуатации	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
9.Возможность многократного использования	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Цена	0,1	4	2	4	0,4	0,2	0,4
3.Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
4.Наличие сертификации разработки	0,05	3	4	4	0,15	0,25	0,25
5.Уровень проникновения на рынок	0,05	3	3	4	0,15	0,15	0,2
6.Финансирование научной разработки	0,02	5	3	3	0,1	0,06	0,06
7.Срок выхода на рынок	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
8.Послепродажное обслуживание	0,02	5	4	3	0,1	0,08	0,06
Итого	1				3,8	3,72	3,31

К₁ – Бактерии, перерабатывающие уран

К₂ - Химическая очистка загрязненных вод от ионов урана.

Исходя из таблицы 4.2.1, исследуемый нами сорбент более конкурентоспособен, чем разработки конкурентов. Он более удобен в эксплуатации, а так же более не наносит вреда окружающей среде, так как после очистки легко извлекается из открытых водоемов. Также, наш

композитный сорбент не требует специального оборудования. Также цена производства мицелия достаточно низка. При изготовлении сорбента можно использовать отходы производства лимонной кислоты, что обуславливает затраты только на транспортировку материала. Также наш композитный сорбент можно использовать 3 раза, что тоже является важным фактором, который увеличивает конкурентоспособность нашего биосорбента.

4.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Таблица 4.3.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1.Экологичность	0,1	90	100	0,9	0,09
2.Удобство в эксплуатации	0,05	100	100	1	0,05
3. Безопасность	0,05	90	100	0,9	0,045
4. Надежность	0,05	97	100	0,97	0,0485
5.Эффективность	0,1	85	100	0,85	0,085
6.Повышение производительности труда пользователя	0,05	85	100	0,85	0,0425
7.Энергоэкономичность	0,01	85	100	0,85	0,0085

Продолжение таблицы 4.3.1

8.Простота эксплуатации	0,05	85	100	0,85	0,0425
9.Возможность многократного использования	0,05	100	100	0,1	0,05
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1.Конкурентоспособность продукта	0,05	95	100	0,95	0,0475
2. Цена	0,1	90	100	0,9	0,09
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	100	100	1	0,05
4.Наличие сертификации разработки	0,05	70	100	0,7	0,035
4.Наличие сертификации разработки	0,05	70	100	0,7	0,035
5.Уровень проникновения на рынок	0,02	50	100	0,5	0,01
6.Финансирование научной разработки	0,05	100	100	1	0,05
7. Срок выхода на рынок	0,02	50	100	0,5	0,1
8.Послепродажное обслуживание	0,05	70	100	0,7	0,035
Итого	1		100		0,91

$$P_{cp} = \sum B_i B_i, \quad (6)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 1 до 0,8, то такая разработка считается перспективной. Если от 0,79 до 0,6 – то перспективность выше среднего. Если от 0,69 до 0,4 – то перспективность средняя. Если от 0,39 до 0,2 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая. По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения. У нашей разработки P_{cp} 0,91, значит она – перспективная.

4.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.4.1 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Заявленная экономичность С2.Экологичность С3.Более низкая стоимость исследований по сравнению с другими. С4.Наличие бюджетного финансирования. С5.Удобство эксплуатации. С6.Многократное использование	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров Сл2.Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемые в научном исследовании Сл3.Низкий уровень проникновения на рынок
Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт В3.Использование разработки в промышленных масштабах В4.Повышение стоимости конкурентных разработок	Инфраструктура ТПУ позволяет проводить исследования в новых лабораториях, финансируя их. Появление дополнительного спроса, использование разработки в промышленных масштабах и повышение стоимости конкурентных разработок влияет на все сильные стороны.	Инфраструктура ТПУ обеспечивает исследования квалифицированными кадрами, позволяет снизить срок поставок, продолжительность стадий и повысить уровень проникновения на рынок.

Продолжение таблицы 4.4.1

Угрозы: У1. Развитая конкуренция технологий производства У2. Ограничения на экспорт технологии У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Развитая конкуренция может не дать продукту удержаться на рынке. Ограничение на экспорт может способствовать уменьшению бюджетному финансированию. Введение дополнительных требований к сертификации продукта и несвоевременное финансовое обеспечение влияет на экономичность продукта.	Развитая конкуренция и ограничения на экспорт приведут к низкому уровню проникновения на рынок. Введение дополнительных требований к сертификации и отсутствие квалифицированных кадров усложняет вывод продукции на рынок.
---	--	---

Таблица 4.4.2 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Возможность и проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+	+
	B3	-	+	+	0	-	-
	B4	0	-	+	-	-	-

Таблица 4.4.3 - Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	-
	B2	+	+	-
	B3	+	+	+
	B4	+	+	-

Таблица 4.4.4- Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	-	-	+	+	+
	У2	+	0	+	+	+	+
	У3	-	-	-	+	-	-
	У4	+	-	+	+	+	+

Таблица 4.4.5 - Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	+
	У2	-	+	+
	У3	-	-	+
	У4	+	0	+

4.5 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (табл. 5.1)

Таблица 4.5.1 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ра б	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Литературный обзор	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальн ые исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	7	Проведение экспериментов	Бакалавр
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка технологии приготовления композитного сорбента	Бакалавр
	12	Оценка конкурентоспособности разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	13	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО

Продолжение таблицы 4.5.1

Изготовление и испытание опытного образца	14	Получение композитного сорбента	Бакалавр, руководитель
	15	Сорбция урана композитным сорбентом	Бакалавр, руководитель
Оформление комплекта документации по ВКР	16	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.6 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (7)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i}, \quad (8)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.7 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (9)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i – й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (10)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 4.7.1 - Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнитель и	Т _р , раб. дн.		Т _к , кал. дн.	
		t _{min} , дн.	чел-	t _{max} , дн.	чел-	t _{ож} , чел-дн.			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
1	Составление технического задания	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Б	0,1	0,1	0,1	0,1
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1	1	Р	0,5	0,5	0,6	0,6
		0,5	0,5	2	2	1	1	Б	0,5	0,5	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	5	5	10	10	7	7	Р	3,5	3,5	4,2	4,2
		5	5	10	10	7	7	Б	3,5	3,5	4,2	4,2
4	Патентный обзор литературы	7	7	10	10	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	9,8	9,8
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,8	0,8
		1	1	2	2	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,8	0,8
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,3	2,3
7	Проведение экспериментов	5	5	8	8	6,2	6,2	Б	3,1	3,1	3,7	3,7
8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	2	3	3	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,4	1,4
		3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,3	2,3
9	Оценка эффективности результатов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
		5	5	6	6	5,4	5,4	Б	2,7	2,7	3,2	3,2
10	Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	7	7	5,8	5,8	Р	2,9	2,9	3,5	3,5
		5	5	7	7	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	3,5	3,5
11	Разработка технологии приготовления композитного сорбента	2	2	3	3	2,4	2,4	Б	2,4	2,4	2,9	2,9
12	Оценка конкурентоспособности разработки	5	5	10	10	7	7	Б	3,5	3,5	4,2	4,2
		5	5	10	10	7	7	К ¹	3,5	3,5	4,2	4,2

Продолжение таблицы 4.7.1

13	Разработка социальной ответственности по теме	7	7	10	10	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,9	4,9
		7	7	10	10	8,2	8,2	К ²	4,1	4,1	4,9	4,9
14	Получение композитного сорбента	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
		14	14	28	28	19,6	19,6	Б	9,8	9,8	12	12
15	Сорбция урана композитным сорбентом	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
		5	5	7	7	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	3,5	3,5
16	Составление пояснительной записки	13	13	16	16	14,2	14,2	Б	14	14	17	17




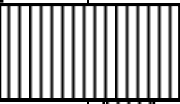



Р – руководитель

Б – бакалавр









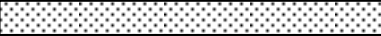







К¹ – консультант по экономической части

К² – консультант по социальной ответственности

Таблица 4.7.2 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$, дней	Продолжительность выполнения работ										
			февраль		март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,1											
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6											
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	4,2											
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,8											
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8											
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	2,3											
Проведение экспериментов	Бакалавр	3,7 2,2											

Продолжение таблицы 4.7.2

Вид работы	Исполнители	T _{кi} , дней	Продолжительность выполнения работ											
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Сопоставление результатов экспериментов теоретическими исследованиями	с Руководитель бакалавр	1,42,3												
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2,0												
		3,2												
		0,6												
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,5												
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,2												
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4,9												
Получение опытного образца	Руководитель, бакалавр	2 12												
Испытания опытного образца	Руководитель, бакалавр	2												
		3,5												
		0,6												
Составление пояснительной записки	Бакалавр	17												
Руководитель	Бакалавр		Консультант ЭЧ			Консультант СО								
														

Список публикаций

1. Буянкина А. С. Исследование сорбции тяжелых металлов композитным биосорбентом // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 271-272
2. Buyankina A. S. Sorbtion of radioactive ions from aquatic medium using composite biosorbent // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 25-29 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016
3. Sumtsova O. V. , Azhel Y. P. , Buyankina A. S. Webquest-Based Role Play as a Way of Raising Students' Motivation to Studying Foreign Languages // International Journal of Emerging Technologies in Learning. - 2016 - Vol. 11 - №. 3. - p. 63-66
4. Buyankina A. S. Effective communication and speech strategy // Коммуникативные аспекты языка и культуры: сборник материалов XIV Международной научно- практической конференции студентов и молодых учёных: в 3 т, Томск, 21-23 Мая 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 146-148
5. Аветян Д. Л. , Родин Б. А. , Буянкина А. С. Синтез 2-ацилокси фенолгликозида, содержащего остаток коричной кислоты. // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник научных трудов II Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием: в 2 т., Томск, 27-29 Марта 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 2 - С. 14-16